International Science Journal of Engineering & Agriculture
2022; 1(2): 9-22
https://isg-journal.com/international-science-journal-of-engineering-agriculture/
doi: 10.46299/j.isjea.20220102.2
ISSN: 2720-6319 (Online)

Eastern European Experience in the Application of Multilayer Reinforced Concrete Elements of External Wall Fencing

Krus Yurii[1]

[1]Department of Automobile Roads, Soil Bases and Foundations, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID 0000-0001-5271-7765

Email address:

alkrous@ukr.net

To cite this article:
Krus Yurii. Eastern European Experience in the Application of Multilayer Reinforced Concrete Elements of External Wall Fencing. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. Vol. 1, No. 2, 2022, pp. 9-22. doi: 10.46299/j.isjea.20220102.2.

Received: 05 14, 2022; **Accepted**: 05 15, 2022; **Published**: 06 01, 2022

Abstract: The capital building field is constantly updating the tasks: to reduce material consumption, cost and complexity of building, the mass of buildings and structures; significantly improve thermal protection; to increase the level of industrialization of building and factory readiness of prefabricated constructions; to improve the architectural and operational qualities of buildings and structures. Practical realization of the set tasks entails the the necessity to expand the use effective kinds of building materials and constructions, improving their properties. The field of effective three-layer constructions in civil, industrial and agricultural building is wide and multifaceted, as it covers almost all constructive elements of buildings, the solution of which depends on the functional requirements imposed on buildings and structures, local climatic and geological conditions, availability of building materials, level of development industrial base, etc. Already behind the idea itself of layered reinforced concrete constructiones have significant advantages: 1) the ability to select the materials of the layers taking into account the effective use of their main functional qualities; 2) reducing the cost and outlay of cement; 3) weight reduction of separate constructions and buildings and/or structures as a whole; 4) reducing heat consumption and increasing heat transfer resistance without thickening the construction; 5) improving the temperature-humidity regime in the room, etc. The purpose of this article is to perform a brief overview of research, proposals for standardization of design developments conducted during the most active implementation in Eastern European building practice of three-layer reinforced concrete constructions for fencing by the heat, air and waterproofing properties, strength, deformations and crack resistance, as well as their manufacturing technology. The article takes into account the results of research, field observations, materials for the development of new proposals, accumulated in many research and design departments of Eastern Europe in the period from the late 60’s to mid-80’s of the 20th century (Research Institute of Building Constructions, Kyiv Zonal Research Institute of Experimental Design, Ukrainian Research and Design Institute of Civil Rural Construction (Ukraine); Central Research Institute of Building Constructions named after V.A. Kucherenko, All-Union Research Institute of Fire Safety, All-Union Scientific Research Institute of Reinforced Concrete, Central Research and Design Institute of Residential and Public Buildings, Central Research and Design and Experimental Institute of Industrial Buildings and Structures, Central Research Institute of Experimental Design of Commercial and Domestic Buildings and Tourist Complexes (Russia), etc.).

Keywords: three-layer reinforced concrete wall panels of fencing, effective thermal insulator, flexible steel ties.

Східноєвропейський досвід застосування багатошарових залізобетонних елементів зовнішнього стінового огородження

Крусь Юрій[1]

[1] Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури, кафедра автомобільних доріг, основ і фундаментів, Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна
ORCID 0000-0001-5271-7765

Email адреса:
alkrous@ukr.net

Анотація: Область капітального будівництва постійно оновлює завдання: зменшити матеріаломісткість, вартість і трудомісткість будівництва, масу будівель і споруд; суттєво поліпшити теплозахист; підвищити рівень індустріалізації будівництва та заводської готовності збірних конструкцій; підвищити архітектурні та експлуатаційні якості будівель і споруд. Практична реалізація поставлених завдань спричиняє необхідність розширення використання ефективних видів будівельних матеріалів і конструкцій, поліпшення їхніх властивостей. Область застосування ефективних тришарових конструкцій у цивільному, промисловому та сільськогосподарському будівництві широка й багатогранна, оскільки практично охоплює всі конструктивні елементи будівель, рішення яких залежить від функціональних вимог, що покладені до будівель і споруд, місцевих кліматичних і геологічних умов, наявності будівельних матеріалів, рівня розвитку індустріальної бази і т. д. Уже за самою ідеєю шаруваті залізобетонні конструкції мають значні переваги: 1) можливість підбору матеріалів шарів з урахуванням ефективного використання їхніх головних функціональних якостей; 2) зниження вартості та витрат цементу; 3) зменшення ваги окремих конструкцій та будівлі і/або споруди в цілому; 4) зменшення тепловитрат і підвищення опору теплопередачі без потовщення конструкції; 5) поліпшення температурно-вологісного режиму в приміщенні та ін. Мета представленої статті – виконати короткий огляд досліджень, пропозицій з нормування проектних розробок, проведених за час найактивнішого впровадження в східноєвропейську будівельну практику тришарових залізобетонних конструкцій огородження за тепло-, повітре-, водозахисними властивостями, міцністю, деформаціями та тріщиностійкістю, а також із технології їхнього виготовлення. При підготовці статті враховані результати досліджень, натурні спостереження, матеріали для розробки нових пропозицій, що накопичені в багатьох наукових і проектних підрозділах Східної Європи у період від кінця 60-х до середини 80-х рр. минулого 20-го століття (НДІЗБ, КиївЗНДІЕП, УкрНДПІ цивільного сільського будівництва, Укрколгосппроекту (Україна); НДІБК ім. В.А. Кучеренка, ВНДІПБ МВС, ВНДІзалізобетону, ЦНДІЕПжитла, ЦНДІпромбудівель, ЦНДІЕП торгівельно-побутових будівель і туристичних комплексів (Росія) та ін.).

Ключові слова: тришарові залізобетонні стінові панелі огородження, ефективний утеплювач, гнучкі стальні в'язі.

---

1. Вступ

До кінця 60-х рр. минулого 20-го століття комплексні елементи огородження представлені переважно плитами покриттів, що являють собою двошарову конструкцію, в якій нижній несучий, виконується з важкого або легкого конструктивного бетону, а верхній тепло- і звукоізоляційний шар – із легкого бетону низької щільності.

Наступні комплексні огороджувальні елементи – це найчастіше різні варіанти тришарових конструкцій, що складаються з двох зовнішніх залізобетонних шарів, з'єднаних між собою гнучкими металевими в'язями або/і жорсткими бетонними ребрами, та проміжного шару з теплоізоляційного матеріалу (жорсткі мінераловатні плити, полістирольний пінопласт та ін.).

У представленій статті розглядаються лише тришарові залізобетонні стінові панелі зі сталевими в'язями між шарами та ефективним утеплювачем.

2. Основна частина

Уперше ідея проектування шаруватих панелей для промислових будівель виникла в кінці 60-х рр. попереднього століття в НДІБК Держбуду колишнього СРСР через відсутність легких заповнювачів для отримання легкого бетону об'ємною вагою менше 1000 *кг/м*^{3}, тим паче, що існуючі тоді типові рішення тришарових стінових панелей складеного перерізу (СТ-02-31, вип. 3), конструкція яких містить дві залізобетонні ребристі плити з розташованим між ними шаром утеплювача з мінераловатних плит, не отримала практичного застосування через низку суттєвих недоліків.

Запропонована панель [1] являє собою конструкцію суцільного перерізу, що складається з двох зовнішніх плоских залізобетонних плит товщиною по 50 *мм* і розміщених між ними шару плитного пінополістиролу марки ПСБ γ=20 *кг/м*^{3} товщиною 40 *мм*. Загальна товщина панелі 140, довжина 5980, ширина 1185 і 1785 *мм* (рис. 1). Панель виготовляють потоково-агрегатним

методом шляхом послідовної укладки у форму трьох шарів конструкції.

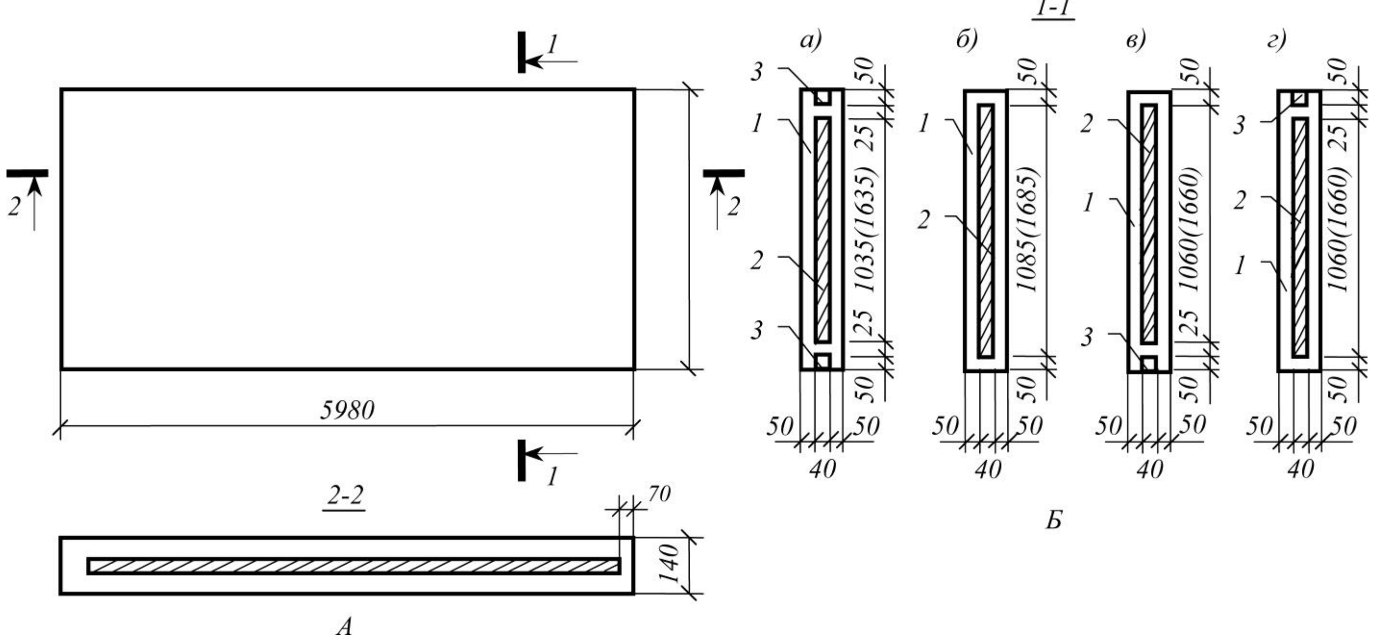


Рисунок 1. *Конструкція тришарової стінової панелі (шифр 336-70):* А *– фасад і поздовжній розріз панелі (закладні деталі, поздовжні та поперечні ребра-діаграми на фасаді умовно не показані);* Б *– поперечні перерізи;* а *– рядової панелі;* б *– міжвіконної перемичкової;* в *– підвіконної переичкової;* г *– надвіконної перемичкової;* 1 *– бетон класу В22,5…В25;* 2 *– пінополістирол марки ПСБ, γ=20* кг/м^3*;* 3 *– те ж саме, ПСБС, γ=20* кг/м^3.

Зовнішні плити панелі з’єднані між собою біля торців і вздовж поздовжніх граней ребрами-діафрагмами. Клас бетону В22,5...В25.

Для зменшення впливу теплопровідного включення в рядових, підвіконних, надвіконних, а також парапетних панелях із боку прилягання інших панелей, поздовжні ребра товщиною 25 *мм* розміщують між утеплювачем, при цьому із зовнішнього боку розміщують смугу самозатухаючого пінополістиролу марки ПСБ-С. З боку прилягання віконних прорізів і у верхній частині парапетних панелей пінополістирол закривається бетоном товщиною 50 *мм* (рис. 2).

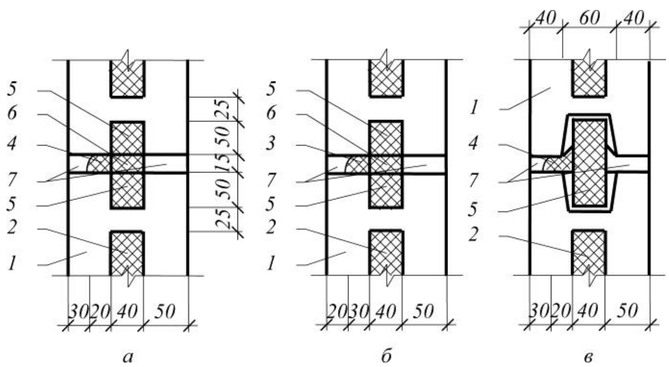


Рисунок 2. *Конструкція й варіанти (*а, б, в*) улаштування горизонтального шву між стіновими панелями:* 1 *– бетон класу В25;* 2 *– плитний утеплювач – пінополістирол марки ПСБ-2, γ=20* кг/м^3*;* 3 *– герніт;* 4 *– мастика УМС або ЦПЛ-2;* 5, 6 *– пінополістирол марки ПСБС, γ=20* кг/м^3*;* 7 *– цементний розчин.*

Ребра-діафрагми монолітно з’єднують зовнішні залізобетонні плити та сприймають зсувні зусилля, що виникають між ними від горизонтального навантаження, а також захищають пінополістирол від температурних впливів.

Залізобетонні плити панелей армують плоскими сітками. Діаметр і кількість стержнів робочої арматури сіток приймають залежно від призначення панелі.

Експериментальне виготовлення панелей на заводах Головпромбудіндустрії Мінпромбуду УРСР (Броварському ЗБК, Львівському об’єднаному ЗБІ та Харківському ЗБІ), а також на заводі тресту № 6 Київмістбуду (монтаж близько 30000 *м*^{2} цих панелей на декількох будівельних об’єктах), а також результати натурних досліджень підтвердили ефективність такої конструкції.

Випробовування панелей на міцність, жорсткість, тріщиностійкість, теплотехнічні якості, а також досвід експериментального заводського виготовлення й монтажу дозволили відділу типового проектування та організації проектно-вишукувальних робіт Держбуду СРСР прийняти рішення про випуск креслень. Такі креслення панелей (шифр 336-70) були випущені ЦНДІпромбудівель і НДІБК. Мінпромбудом УРСР були підготовані до видання тимчасові технічні умови на виробництво й застосування цих панелей.

Собівартість панелі при не зовсім ще відпрацьованій технології виготовлення на Броварському ЗБК склала 8 *крб.* 97 *коп.* 1 *м*^{2}, що на 2 *крб.* 76 *коп.* було нижче прейскурантної вартості (06-08 п. 238 І/VІІ 1967 р.).

До кінця 1971 р. у Московській області були побудовані перші крупні комплекси з виробництва продуктів тваринництва на промисловій основі: “Вороново” та “Кузнецовське”.

Характерною особливістю мікроклімату у тваринницьких будівлях комплексів є порівняно висока температура приміщень $t_в$=20^0 і низька відносна вологість повітря W_u=35%. З урахуванням зазначених факторів були запроектовані огороджуючі конструкції покриття та стін [5].

Будівельну частину комплексів розробляв

ДіпроНІсільгосп. Будівлі мають ширину 18 і 24 *м*. Висота стін 3,3 *м*. Стіни прийняті з тришарових залізобетонних панелей з утеплювачем із пінополістиролу.

Номінальні розміри основних панелей: довжина 6000 *мм*, висота 1800, 900 і 600 *мм*. Конструктивні розміри відповідно складають 5980, 1785, 885 і 585 *мм*. Загальна товщина панелі 150 *мм*.

Панель складається із шару залізобетону з внутрішнього боку будівлі товщиною 60 *мм*, шару утеплювача – пінополістирольного пінопласту ПСБ-С товщиною 50 *мм* і шару залізобетону із зовнішнього боку будівлі товщиною 40 *мм* (рис. 3). По периметру панелі знаходиться залізобетонна обойма товщиною 40 *мм*, що з'єднує зовнішню та внутрішню залізобетонні плити панелі. Панель висотою 1800 *мм* армована сітками з дроту ∅ 4 *мм*. Клас бетону В15. Об'єм бетону на панель 6×1,8 *м* – 1,12 $м^3$. Марка пінопласту за ГОСТ 15558-70 – 30, його об'єм на одну панель 0,48 $м^3$.

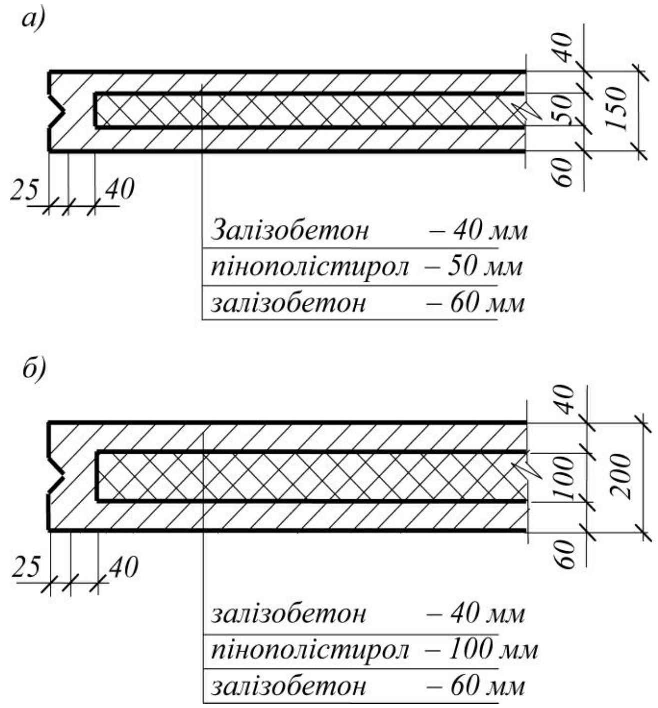


Рисунок 3. *Схеми тришарових залізобетонних панелей, застосованих як огороджуючі конструкції при будівництві тваринницьких комплексів у колгоспах "Вороново" і "Кузнецовський" Московської області:* а *– з утеплювачем товщиною 50* мм*;* б *– з утеплювачем товщиною 100* мм.

Панелі виготовляли на Горіхово-Зуєвському заводі ЗБВ Головмособлбудматеріалів.

У 1970 р. панелі були випробувані на горизонтальні навантаження, що імітують тиск вітру, та вертикальні – від власної ваги конструкції. Результати досліджень, проведених співробітниками Діпронісільгоспу, НДІЗБу і КТК Головмособлбудматеріалів, засвідчили їхню надійність як за міцністю, так і за деформаціями та тріщиностійкістю.

Для встановлення теплофізичних властивостей тришарових стінових залізобетонних панелей з утеплювачем із пінопласту науково-дослідним інститутом будівельної фізики (НДІБФ) Держбуду СРСР випробовували фрагменти різних варіантів стінових панелей з врахуванням "містків холоду", що утворюються по периметру кожної плити, а також у стику панелі. У результаті досліджень при різних температурах зовнішнього повітря та повітря в середині приміщення отримані повністю допустимі значення відносної вологості повітря в приміщенні, при якій на панелях не повинен утворюватись конденсат.

Досвід експлуатації таких панелей зимою 1971...1972 рр. у тваринницьких будівлях промкомплексів "Кузнецовський", "Вороново", а також "Ільїногорський" Горьковської області (де були застосовані такі ж самі стінові панелі) підтвердив правильність розрахункових положень в області міцності, жорсткості та теплотехнічних властивостей конструкції.

Необхідно зазначити, що за даними Горіхово-Зуєвського заводу залізобетонних виробів вартість 1 $м^2$ стінових панелей з еквівалентним термічним опором франко-будівельний майданчик комплексу "Кузнецовський" склала:

– для тришарових залізобетонних панелей, утеплених пінополістиролом товщиною 50 *мм* – 19 *руб.* 01 *коп.*;

– для керамзитобетонних панелей ПСЛ-40-2 товщиною 400 *мм* – 21 *руб.* 93 *коп.*

Усе вище наведене дозволило рекомендувати тришарові панелі для стін тваринницьких комплексів.

Суттєвим недоліком вище зазначених тришарових стінових залізобетонних панелей була наявність протяжних ребер із важкого або легкого бетону, що жорстко з'єднували шари між собою. Ребра перешкоджали свободі температурних деформацій зовнішнього бетонного шару панелі, залучали до сприйняття температурних напружень внутрішній бетонний шар панелі та зв'язку з внутрішніми конструкціями будівлі. Оскільки сезонні та добові коливання температури зовнішнього повітря в тогочасній країні (колишньому СРСР) були дуже значні для більшості районів будівництва, то в зовнішніх стінах були неминучі значні температурні напруження, що призводили до утворення й розкриття тріщин у зовнішньому бетонному шарі та жорстких ребрах панелі. Це сприяло просяканню вологи в панель, і, як наслідок, – зволоженню утеплювача та корозії арматури.

Недоробки конструкції, недоліки технології, низька якість вихідних матеріалів, виготовлення та монтажу панелей, погіршували експлуатаційні властивості застосовуваних тришарових панелей.

У ЦНДІЕПжитла на початку 70-х рр. проводять випробування з удосконалення конструкцій шаруватих зовнішніх стін [6]. В лабораторії стін і перегородок ЦНДІЕПжитла в співдружності з низкою наукових і проектних підрозділів інститутів ЦНДІБК, ВНДІПБ МВС СРСР і ін. розроблені, досліджені й впроваджені в експериментальному будівництві в Мурманську нові конструкції зовнішніх несучих і навісних стін із тришарових залізобетонних панелей з дискретними гнучкими стальними в'язями між шарами та ефективним утеплювачем (пінополістиролом, пінопластобетоном, заливними композиційними матеріалами та ін.).

Відмінною особливістю нової конструкції була відсутність суцільних бетонних ребер, що забезпечували

жорсткий зв'язок шарів панелі (рис. 4 і 5) і являли собою "містки холоду".

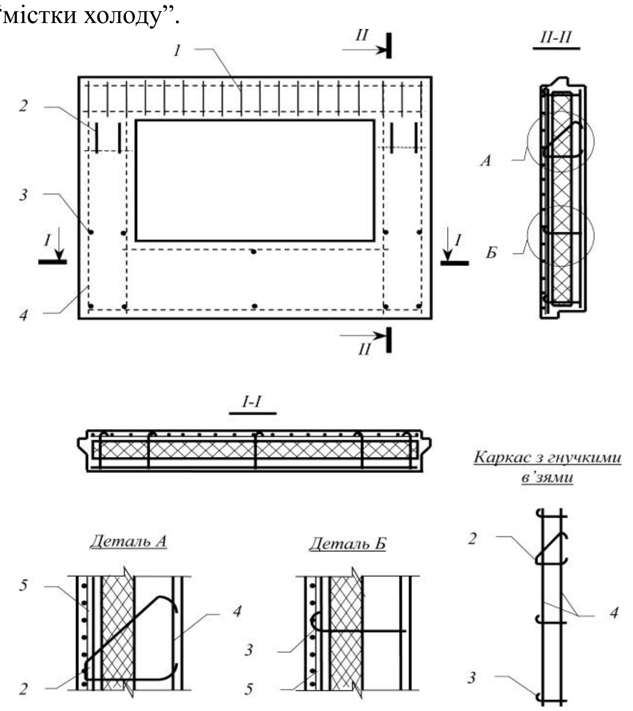


Рисунок 4. *Схема конструктивного одностороннього армування зовнішніх шарів тришарових панелей з гнучкими в'язями, що рекомендовані для застосування в несучих стінах житлових будівель висотою до 12 поверхів:* 1 *– каркас перемички;* 2 *– підвіска;* 3 *– розпірка;* 4 *– каркас;* 5 *– арматурна сітка зовнішнього шару панелі.*

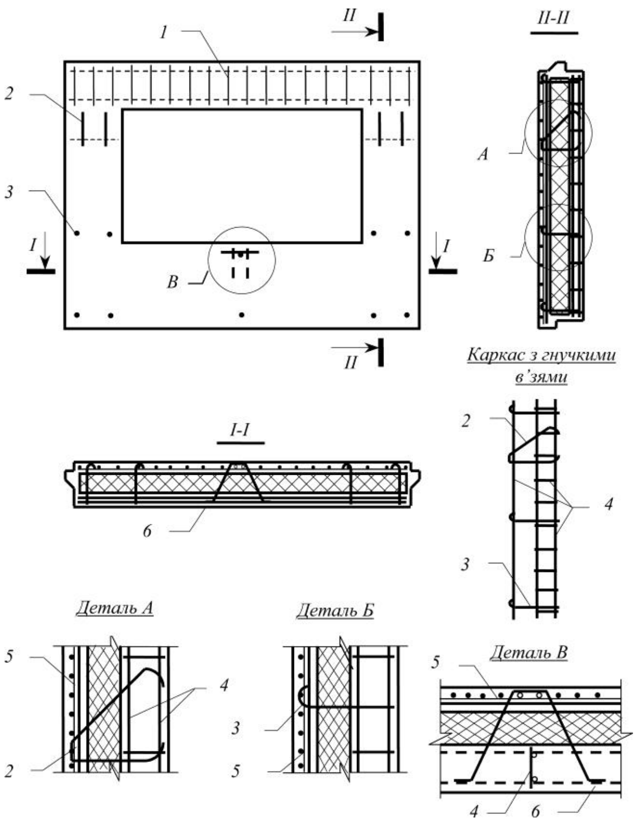


Рисунок 5. *Схема конструктивного двостороннього армування внутрішнього шару тришарових панелей з гнучкими в'язями, що рекомендовані для застосування в несучих стінах житлових будівель висотою 12 і більше поверхів:* 1 *– каркас перемички;* 2 *– підвіска;* 3 *– розпірка;* 4 *– каркас внутрішнього шару панелі;* 5 *– арматурна сітка зовнішнього шару панелі;* 6 *– косяк.*

Суть конструкції полягає в тому, що зовнішній шар панелі, що сприймає впливи атмосфери, підвішений на внутрішньому бетонному несучому шарі панелі таким чином, що він може вільно розширюватись або звужуватись без виникнення в ньому температурних напружень. Внутрішній несучий шар панелі, що працює, як зимою, так і літом при дуже незначному градієнті, практично не має температурних деформацій і температурних напружень. Внутрішній шар сприймає усі вертикальні навантаження. Свобода температурних деформацій зовнішнього шару забезпечена конструкціями стальних в'язей, які поділяють на підвіски, що влаштовують переважно у верхній чверті висоти панелі, розпірки, що розміщують дискретно, але не рідше, ніж через 1,2 *м* по фасаду, і косяки, що перешкоджають зміщенню та крутінню зовнішнього шару при дії на нього горизонтальних сил, прикладених у площині панелі.

Матеріали панелі вибирали з урахуванням максимального використання їхніх головних функціональних якостей. Для несучого шару панелі рекомендували використовувати важкий бетон або конструктивний легкий за міцністю на стиск не нижче класу В12,5. Для зовнішньо шару – важкий морозо- і тріщиностійкий бетон такого ж самого класу.

Для влаштування гнучких в'язей рекомендувалось застосовувати вітчизняні легкі низьколеговані сталі марок 10 ХНДП або 10 ХНДПШ і інші сталі типу Кор-Тен, що мали підвищений опір до корозії, а також звичайні сталі з антикорозійним покриттям, що забезпечувало зберігання в'язей протягом часу, відповідного ступеню довговічності стіни. Підвіски та косяки рекомендувалось виконувати з круглих стержнів ∅ 8...12 *мм* або з смуги перерізом 30×5 *мм*. Розпірки пропонувалось виконувати з катанки ∅ 4...6 *мм*.

Армування бетонних шарів пропонувалось виконувати звичайною будівельною арматурою. Внутрішній бетонний шар рекомендувалось армувати як бетонний переріз із мінімальним відсотком (до 0,1%), конструюючи стіну таким чином, щоб вертикальні навантаження прикладались до внутрішнього шару панелі з мінімальним ексцентриситетом.

При експериментальному будівництві 5-поверхових житлових будинків у Мурманську застосовувались стінові панелі з одностороннім армуванням, із каркасами, поздовжні стержні яких розміщувались в зовнішньому й внутрішньому шарах (рис. 4). Для стін будівель підвищеної поверховості рекомендувалось переважно двостороннє армування внутрішнього несучого шару панелі (рис. 5).

Зовнішні й внутрішні бетонні армовані шари панелей з гнучкими в'язями пропонувались плоскими або ребристими, але для будівель до 9-ти поверхів включно, рекомендувалось внутрішній шар робити плоским.

Товщину внутрішнього шару панелей несучих стін рекомендувалось приймати не менше 80 *мм* при важкому бетоні та 100 *мм* при легкому (але не менше 1:30 висоти панелі) для будівель висотою до 10-ти поверхів включно й не менше 120 *мм* для будівель 12-ти та більше поверхів.

Для панелей несучих стін товщина зовнішнього

армованого шару, включаючи фактурні шари, була не менше 50 *мм*.

По периметру панелей і прорізів зовнішній бетонний шар в окремих місцях рекомендувалось трохи потовщувати з метою утворення профілю, необхідного для розміщення герметизуючих, утеплюючих і ущільнюючих матеріалів, і відведення атмосферних опадів.

Як утеплювач панелей був досліджений і рекомендований для найпоширенішого застосування полістирольний пінопласт марок ПСБ або ПСБ-С об'ємною вагою не більше 20...25 *кг/м*^{3}, плитний або насипний і такий, що піниться в панелі при її термообробці.

Технічні вимоги до панелей і матеріалів для них викладені в ГОСТ 17078-71 "Панелі залізобетонні тришарові для зовнішніх стін житлових і громадських будівель", що розроблений ЦНДІЕПжитла за участю НДІЗБ і ВНДІзалізобетону.

На підставі досліджень і натурних експериментів, проведених ЦНДІЕП- житла та низки інших організацій країни (тодішнього СРСР), а також узагальнення зарубіжного досвіду в даній області [32] та результатів безпосереднього співробітництва ЦНДІЕПжитла з угорським інститутом розвитку проектування й типового проектування (ТТІ), розроблені "Рекомендації з конструювання, виготовлення та застосування тришарових панелей зовнішніх стін із гнучкими в'язями підвищеної стійкості до атмосферної корозії".

При статичному розрахунку панелей на вертикальні навантаження рекомендувалось враховувати сприйняття цих навантажень лише внутрішнім шаром панелі, без передачі їх на зовнішній шар.

Базуючись на розрахунковій методиці ЦНДІЕПжитла, розроблений алгоритм і програма "Стіна-3" розрахунку на ЕОМ "Мінськ-22". За програмою проведені розрахунки 152-х варіантів бетонних конструкцій панелей з гнучкими в'язями, що дозволили виявити вплив на несучу здатність панелей цілої низки факторів.

Значні дослідження були присвячені виявленню тепловологісних характеристик панелей, аналізу температурних і вологісних режимів у зоні гнучких в'язей при різних їхніх діаметрах (від 6 до 12 *мм*), різній товщині панелей (від 15 до 30 *см*) і внутрішнього шару (від 5 до 12 *мм*), шару та виду теплоізоляції (від 5 до 15 *см*) при застосуванні пінополістиролу, мінеральної вати, фіброліту та ін.

Дуже важливим було рішення герметизації стиків панелей з гнучкими в'язями, оскільки розкриття зазору між панелями внаслідок температурних деформацій зовнішнього шару могло досягати 4...5 *мм* при однокрокових панелях (довжиною до 3,6 *м*) і 6...10 *мм* – при двокрокових панелях (довжиною до 7,2 *м*). Тут використали досвід виконання всіх видів стиків, що знайшли широке застосування у вітчизняному та зарубіжному досвіді будівництва будівель і споруд із шаруватими огороджуючими конструкціями.

У ЦНДІЕПжитла спільно з ВНДІПБ МВС СРСР були проведені попередні дослідження запалювання й вогнестійкості тришарових панелей з металевими в'язями та утеплювачем із пінополістиролу марки ПСБ (горючого). Дослідження контрольних панелей показали, що при температурах "стандартної пожежі" виконуються всі вимоги протипожежної безпеки: запалювання пінополістиролу та утворення розплаву, здатного витікати з панелі за час випробовування протягом 2,5 *г*, не відбувалось.

Наявність комплексних лабораторних і натурних досліджень дозволило перейти до дослідного будівництва в Мурманську житлових будинків із частковим застосуванням у зовнішніх стінах панелей з гнучкими в'язями.

У 1970 р. у Мурманську змонтований уперше в колишньому СРСР п'ятиповерховий житловий 64-квартирний будинок із зовнішніми стінами повністю лише з тришарових панелей з гнучкими в'язями нової конструкції та з нової сталі марки 10 ХНДП. Утеплювачем панелей був полістирольний пінопласт ПСБ і ПСБ-С.

У ЦНДІЕПжитла спільно з Мурманським ДБК Головмурманськбуду розроблений альбом робочих креслень тришарових панелей з гнучкими в'язями для експериментального будівництва в Мурманську. Поведено проектування панелей з гнучкими в'язями для будівель різних серій житлових будинків 5, 9 і 12-ти поверхів.

Економічна ефективність від упровадження тришарових панелей з гнучкими в'язями для різних районів будівництва, природно, різна. Так, наприклад, у Мурманську зниження собівартості панелей з гнучкими в'язями та утеплювачем із пінополістиролу з урахуванням приведених витрат порівняно з панелями з жорсткими вермикулітобетонними ребрами та мінераловатним утеплювачем склало близько 6 *крб.* на 1 *м*^{2} панелі.

Тоді було підраховано, що в середньому по країні застосування панелей з гнучкими в'язями та утеплювачем із пінополістиролу об'ємною вагою 20...25 *кг/м*^{3} може дати зниження вартості стін на 10...15%, що при запланованому об'ємі застосування панелей з гнучкими в'язями в 2,0-3,5 *млн. м*^{2} у 1974...1975 рр. могло б зекономити в країні 3,0...4,5 *млн. крб.* у рік. Крім цього, можна було б зекономити значну кількість палива, оскільки тепловтрати стін із панелей з гнучкими в'язями на 30...35% менші, ніж стін з легкобетонних панелей (без урахування втрат тепла крізь прорізи).

Передбачалось значне скорочення експлуатаційних витрат на ремонт стінових панелей, збільшення терміну їхньої служби та міжремонтного періоду для стін.

Технічні та економічні переваги нових стінових панелей рекомендувалось реалізовувати у вітчизняному будівництві найближчим часом.

За даними ЦНДІЕПжитла виробництво тришарових панелей зовнішніх стін із гнучкими в'язями та з утеплювачем із мінеральної вати, фіброліту, пінополістиролу або фенольного пінопласту в умовах Ленінграду дозволило б знизити сумарні приведені витрати на всіх стадіях виготовлення та експлуатації панелей зовнішніх стін на 18...22% порівняно з керамзитобетонними та на 5...10% порівняно з прийнятими за еталон тришаровими панелями з ребрами жорсткості [11].

У ЦНДІЕПжитла спільно з Головленінградбудом проведені дослідження з удосконалення цих конструкцій і технології їхнього формування. У результаті запропоновані більш технологічні рішення конструктивних вузлів панелей і метод формування їх “лицем донизу” [12]. Цей метод забезпечував достатню морозостійкість зовнішнього шару та давав можливість застосовувати всі види обробки фасадної поверхні панелей.

Для забезпечення цілісності утеплювача та попередження утворення “містків холоду” у місцях проколу його гнучкими в’язями запропонована більш проста конструкція гнучких в’язей і розміщення їх по контуру внутрішнього бетонного шару (рис. 6). Таке розміщення значно полегшувало процес вкладання плит утеплювача.

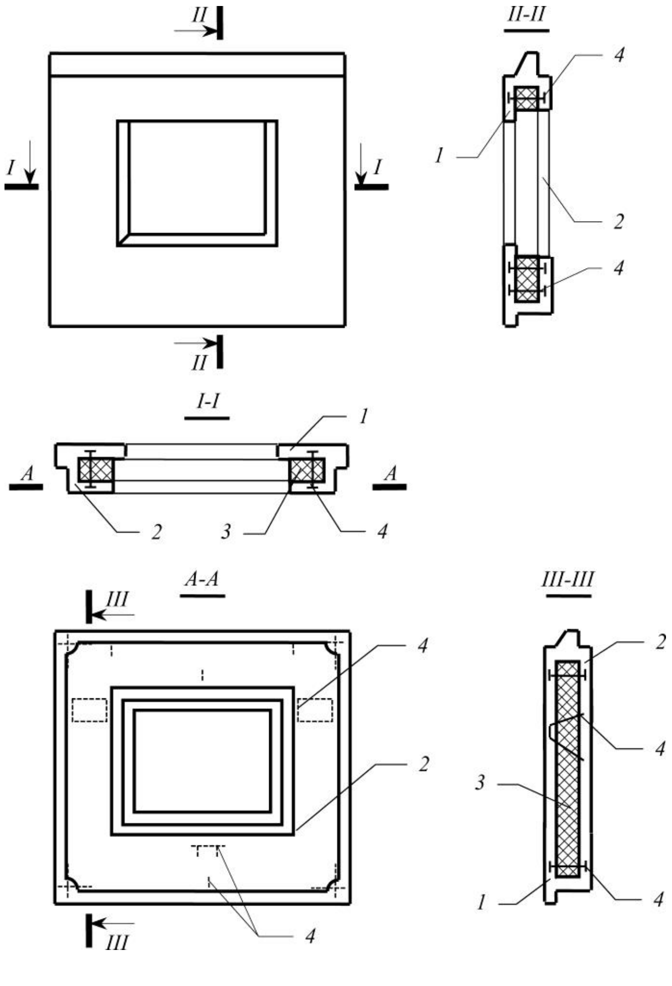


Рисунок 6. *Конструкція тришарової панелі з контурними гнучкими в’язями:* 1 *– зовнішній бетонний шар панелі;* 2 *– внутрішній бетонний шар панелі;* 3 *– утеплювач;* 4 *– гнучкі в’язі.*

Запропонований метод формування “лицем донизу” має такі особливості:

– при виготовленні арматурної сітки нижнього бетонного шару до неї приварюються Г-подібні гнучкі в’язі. При встановленні арматурної сітки вільний кінець гнучких в’язей виступає з форми, а після встановлення арматурного каркаса верхнього бетонного шару вони відгинаються в проектне положення;

– стропувальні петлі приварюються до арматури внутрішнього шару;

– віброущільнення бетону нижнього шару здійснюється при горизонтально спрямованій амплітуді вібрації;

– протидощовий гребінь бетонується після вкладання та віброущільнення бетону верхнього шару;

– рухливість бетонної суміші не більше 3...5 *см* і ін.

Усі викладені вище положення, у тому числі технологія виготовлення панелей, пройшли перевірку на експериментальному заводі Головленінградбуду.

Як показало техніко-економічне обґрунтування ГОСТ 17078-71, застосування тришарових панелей з гнучкими в’язями порівняно з одношаровими керамзитобетонними дозволило суттєво знизити сумарні приведені витрати, витрати ресурсів і покращити комфортні умови. Можливі відмінності вихідних параметрів, характерних для Ленінграда, від усереднених, прийнятих за ГОСТ 17078-71, спричинили необхідність проведення техніко-економічного обґрунтування при впровадженні тришарових панелей на гнучких в’язях в умовах Ленінграду.

За еталонну приймалась одношарова керамзитобетонна панель з економічно обумовленою товщиною 350 *мм*, прийнятою для будівель серії 137.

Техніко-економічні показники еталонної конструкції співставлялись із показниками тришарових панелей з гнучкими в’язями, що мали економічно обумовлену товщину, у трьох конструктивних варіантах (розроблених ЦНДІЕП житла):

– з утеплювачем із пінополістиролу ПСБ-С при товщині панелі 300 *мм* (товщина залізобетонних шарів 165 *мм*);

– те ж саме, при товщині панелі 250 *мм* (товщина залізобетонних шарів 145 *мм*);

– з утеплювачем із фенолформальдегідного пінопласту ФРП-1 при товщині панелі 300 *мм* (товщина залізобетонних шарів 165 *мм*).

Порівняльний аналіз виявив високу економічну ефективність застосування тришарових панелей з гнучкими в’язями в умовах Ленінграду. Зниження сумарних приведених витрат, з урахуванням витрат на всіх стадіях виготовлення та експлуатації конструкцій, досягало 17% при товщині панелі 250 *мм*, 12% при товщині 300 *мм* і пінополістирольному утеплювачі, 20% при товщині 300 *мм* і утеплювачі ФРП-1.

Економічна ефективність тришарових панелей з гнучкими в’язями забезпечувалась, головним чином, за рахунок різкого зниження витрат енергетичних ресурсів на всіх стадіях виготовлення та експлуатації конструкцій. Так, зменшення витрат палива при виготовленні ефективного утеплювача (порівняно з керамзитовим гравієм або цементом) і бетону обумовлювало скорочення витрат умовного палива на виготовлення сировини панелей у 5...6 разів. Витрати умовного палива на опалення будівлі в розрахунку на 1 $м^2$ зовнішньої стіни скорочувались у 2,2...2,6 рази, а по будівлі в цілому – на 16...18%.

Суттєвий вплив на показники економічної ефективності тришарових панелей з гнучкими в’язями робить зниження заводських витрат при їхньому виготовленні. Якщо панель товщиною 300 *мм* із пінополістирольним утеплювачем за цим показником

гірша за еталонну модель приблизно на 6%, то при виготовленні панелі товщиною 250 *мм* із тим же самим утеплювачем, а також панелі товщиною 300 *мм* з утеплювачем ФРП-1 витрати скорочуються.

Найбільш характерно проявляються переваги тришарових панелей з гнучкими в'язями при аналізі грошових витрат і витрат праці по технологічних межах. На складі цементу в результаті скорочення витрат цементу граничні витрати на 1 $м^2$ панелі знижуються на 40...50%. На бетонному вузлі та складі заповнювачів значне скорочення витрат бетону для виробництва тришарових панелей тягне за собою зменшення об'єму виробництва бетону й відповідно вивільнення частини робочої сили та обладнання. В результаті приведені витрати на 1 $м^3$ бетону залишаються приблизно на одному й тому ж самому рівні, а на 1 $м^2$ панелі вони зменшуються пропорційно витратам бетону.

В арматурному цеху збільшені витрати арматурної сталі, не позначуючись на додаткових капіталовкладеннях, призводять до збільшення приведених витрат у розрахунку на 1 $м^2$ панелі (при товщині панелі 300 *мм*). При товщині панелі 250 *мм* витрати арматурної сталі суттєво зменшуються.

При формуванні та тепловій обробці тришарових панелей виникає необхідність в організації додаткового технологічного посту, що поруч із додатковими витратами на приготування й вкладання теплоізоляційних плит призводить до збільшення приведених витрат у розрахунку на 1 $м^2$ панелей.

На стадії транспортування приведені витрати на тришарові панелі товщиною 300 *мм* через потовщення залізобетонних шарів перевищує витрати на еталонну конструкцію, а при товщині панелі 250 *мм* витрати на цій стадії зменшуються.

Приведені витрати на стадії монтажу знаходяться приблизно на одному рівні, незначно змінюються лише за рахунок товщини теплоізоляційного вкладиша в стиках.

На стадії експлуатації тришарові панелі дозволяють суттєво зменшити витрати на компенсацію тепловтрат через стіни, що забезпечує зменшення приведених витрат на 37...40%.

Аналіз госпрозрахункової ефективності показав, що для заводу виробника впровадження тришарових панелей з гнучкими в'язями дозволяє збільшити прибуток.

У 1976 р. Держбудом СРСР ухвалені для застосування при проектуванні та в будівництві залізобетонні тришарові стінові панелі з ефективним утеплювачем для опалюваних будівель із високою вологістю та агресивним середовищем (серія 2.432-12), розроблені ЦНДІПромбудівель спільно з НДІБК за участю НДІЗБ і НДІБФ Держбуду СРСР.

Панелі [13] являють собою тришарову конструкцію (рис. 7). Середній (теплоізоляційний) шар виконується з пінополістиролу марки ПСБ-С за ГОСТ 15588-70 з об'ємною вагою 40 $кг/м^3$ (товщиною 50, 75 і 100 *мм*), а зовнішні шари з бетону класу В22,5...В25 (товщина зовнішнього залізобетонного шару 50 *мм*, внутрішнього – 100 *мм*).

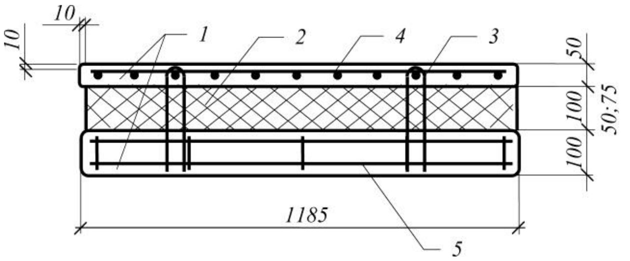


Рисунок 7. *Поперечний переріз панелі висотою 1200* мм *для стін опалюваних промислових будівель із високою вологістю та агресивним середовищем:* 1 *– бетон класу В25;* 2 *– пінополістирол марки ПСБ-С;* 3 *– з'єднуючі стержні з оцинкованої сталі класу А-ІІ;* 4 *– зварна арматурна сітка;* 5 *– зварний арматурний каркас.*

При статичному розрахунку панелей прийнято, що всі діючі на панель навантаження (від вітру, власної ваги та ваги переплетінь) сприймаються внутрішнім залізобетонним шаром.

Внутрішній залізобетонний шар панелі армується зварними просторовими каркасами, зовнішній – зварними сітками. Арматура каркасів і сіток прийнята зі сталі класів А-ІІІ і Вр-І.

З'єднання залізобетонних шарів здійснюється гнучкими в'язями зі сталі класу А-ІІІ із цинковим покриттям товщиною не менше 100 *мікрон*, нанесеним гальванічним методом.

Стропувальні петлі прийняті з гарячекатаної арматурної сталі класу А-І, марок ВСтЗсп2 і ВСтЗпс2 (остання лише при температурі до -40^{0}С).

Розміри панелей наведені в табл. 1. Для панелей однієї товщини прийняті 17 типорозмірів (з урахуванням подовжених панелей, запроектованих для кутів стін) і 39 марок. Рядові та парапетні панелі прийняті різних марок по армуванню залежно від вітрового навантаження: 55; 90; 120 $кг/м^2$ – для рядових і 55; 90 $кг/м^2$ – для парапетних панелей. Простінкові панелі розраховуються на максимальну величину вітрового навантаження 120 $кг/м^2$.

Таблиця 1. *Характеристика тришарових стінових панелей з ефективним утеплювачем серії 2.432-12 для опалюваних будівель із високою вологістю та агресивним середовищем*

Розміри панелі, *мм*			Товщина утеплювача, *мм*	Призначення панелі
довжина	висота	товщина		
5980	885; 1185; 1785	200; 225; 250	55; 90; 120	Рядові
5980	885; 1185		55; 90	Парапетні
6210	885; 1185; 1785	200	55; 90; 120	Рядові для кутів по торцевій стіні при прив'язці "0"
6235		225		
6260		250		
6460		200		Рядові для кутів по торцевій стіні при прив'язці "250"
6485		225		
6510		250		
1480	1185;1785	200; 225; 250	120	Простінкові біля рядової осі
1230				Простінкові для кутів по торцевій стіні при прив'язці "250"
980				Простінкові для кутів по торцевій стіні при прив'язці "0"
730				Простінкові для кутів по повздовжньому ряду

Примітка. Товщина панелей 200; 225; 250 *мм* відповідає товщині утеплювача 50; 75; 100 *мм*.

Стіни з тришарових панелей проектують самонесучими з горизонтальною розгорткою. Панелі, розміщені над віконними прорізами, опираються на простінкові панелі довжиною 1,5 *м*, що встановлюються по осях колони, утворюючи окремі віконні прорізи шириною 4,5 *м*.

Товщину утеплювача визначають залежно від температурно-вологісних умов внутрішнього та зовнішнього повітря. Розрахункову температуру зовнішнього повітря приймають за СНіП II-А.6-72, графа 19.

При застосуванні панелей у будівлях з агресивним середовищем рекомендується приймати заходи з антикорозійного захисту відповідно зі СНіП II-28-73 "Защита строительных конструкций от коррозии". Застосування панелей у будівлях із сильноагресивним середовищем допускається за узгодження з НДІЗБ і ЦНДІПромбудівель Держбуду СРСР.

Панелі виготовляють у сталевих опалубках у такій послідовності: у форму вкладають просторовий арматурний каркас внутрішнього шару панелі; бетонують внутрішній шар; розкладають плитний полістирол; укладають арматурну сітку зовнішнього шару; установлюють гнучкі в'язі, що з'єднують сітки з внутрішнім шаром; бетонують зовнішній шар.

Передбачається, що різниця в часі бетонування шарів не буде перевищувати двох годин. При термообробці панелей дозволяють вплив на пінополістирол температури 70^{0}С не більше 30 *хв*. При виготовленні панелей необхідно дотримуватись товщини панелей.

При виготовленні та складуванні панелей рекомендується виконання заходів протипожежної безпеки, що не дозволяє засмічувати пінополістирол.

Транспортування та складування панелей здійснюють у вертикальному (робочому) положенні.

Розроблені в ЦНДІЕП торгівельно-побутових будівель і туристичних комплексів навісні тришарові панелі з гнучкими в'язями та ефективним утеплювачем для громадських будівель із каркасом серії ИИ-04 [14], так само, як і одношарові панелі з легкого і чарунковатого бетонів, мають горизонтальну смугову розгортку. Основним елементом стін при цьому є смугова панель, що кріпиться до колон і працює з прольотом до 6 *м* на косий згин від дії вертикального навантаження від маси панелі, простінків і скління, а також горизонтального вітрового навантаження. Панелі складаються з двох залізобетонних шарів (бетон класів В15...В25), з'єднаних гнучкими в'язями (підвісками та розпірками) зі стержневої сталі, і ефективного утеплювача об'ємною вагою до 200 *кг/м³* між ними. Товщина внутрішнього шару, яким панелі кріпляться до колон будівлі, 80...100 *мм*, зовнішнього – 50...70 *мм* (рис. 8).

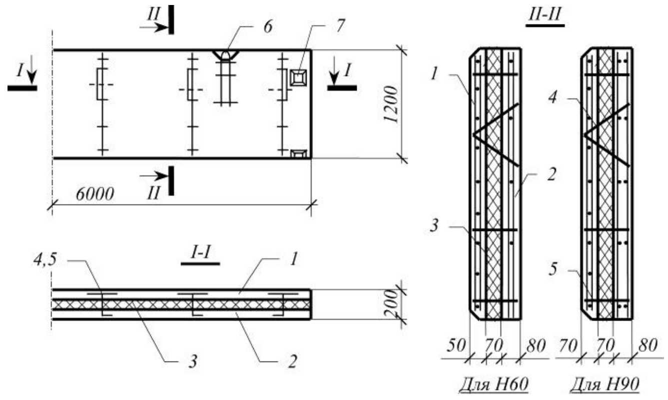


Рисунок 8. *Опалубка та армування дослідних моделей, розрахованих на горизонтальні навантаження 60 (*Н-60*) і 90 (*Н-90*)* кгс/м²*:* 1*;* 2 *– зовнішній і внутрішній залізобетонні шари відповідно;* 3 *– ефективний утеплювач (мінераловатні плити, ФРП-1 та ін.);* 4 *– підвіска; 5 – розпірка;* 6 *– монтажна петля;* 7 *– закладна деталь.*

Практична методика розрахунку тришарових панелей за міцністю, що прийнята при проектуванні, базувалась на таких передумовах:

– зчеплення шарів між собою не враховували, оскільки багато які утеплювачі, наприклад, мінераловатні плити та ФРП-1, мають низькі, нестабільні в часі механічні характеристики, унаслідок чого середній шар панелей не можна вважати здатним сприймати та передавати розрахункові зусилля протягом усього терміну служби конструкції;

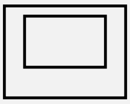
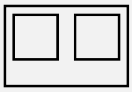
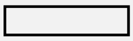
– усе вертикальне навантаження передається на внутрішній шар панелі;

– горизонтальне навантаження сприймають горизонтальні шари, причому несуча здатність панелі при роботі на горизонтальне навантаження та на косий згин дорівнює сумі несучих здатностей шарів.

Авторами [14] була запропонована методика проектування тришарових залізобетонних панелей з гнучкими в'язями, що забезпечувала мінімальні витрати арматури при дотриманні необхідної надійності. Запропонований метод був наближеним і давав деякий запас несучої здатності панелей.

Враховуючи великий досвід проектування й застосування тришарових панелей з гнучкими в'язями в промислових будівлях із високою вологістю та агресивним середовищем, затверджених Держбудом СРСР як типову серію І.432-12, НДІБК Держбуду СРСР спільно з Київським, Чернігівським і Миколаївським філіями інституту "Укрколгоспроект" за участю відділу уніфікації будівельних конструкцій цього інституту розробили креслення тришарових стінових панелей з ефективним утеплювачем на гнучких в'язях для сільськогосподарських будівель [16]. Так, були розроблені креслення самонесучих стінових панелей розміром 4,5×3 *м* з одним віконним прорізом (шифр 1800-ПС, випуск II, альбом 1) для будівель із кроком несучих конструкцій 4,5 *м* і самонесучих стінових панелей розміром 6×3 *м* із двома віконними прорізами та навісних розміром 6×0,6...1,5 *м* для будівель з кроком несучих конструкцій 6 *м* (шифр 1800-ПС, випуск II, альбом 2 і 3), (табл. 2).

Таблиця 2. *Техніко-економічна характеристика тришарових панелей з ефективним утеплювачем на гнучких в'язях (шифр 1800-ПС, випуск II)*

Тип панелей	Розміри панелі			Витрати матеріалів			Маса пане-лі, *т*
	довжи на, *м*	висо-та, *м*	товщи на, *см*	бетон, *м*^{3}	утеп-лювач, *м*^{3}	арма-тура, *кг*	
	4,5	3,0	20	1,1	0,9	68,7	2,9
			24	1,1	1,2	69,4	3,0
	6,0	3,0	20	1,5	1,22	97,3	3,07
			24	1,5	1,76	98,6	4,08
	6,0	0,6-1,5	20	0,8	0,63	28,4	2,1
			24	0,8	0,93	29,2	2,2

Ці панелі являють собою тришарові конструкції з двома зовнішніми залізобетонними шарами товщиною 40 і 70 *мм* і середнім шаром із жорстких або напівжорстких мінераловатних плит об'ємною вагою до 200 *кг/м*^{3} товщиною 90 і 130 *мм*. Залежно від товщини теплоізоляційного шару загальну товщину панелей приймають 200 і 240 *мм* (рис. 9).

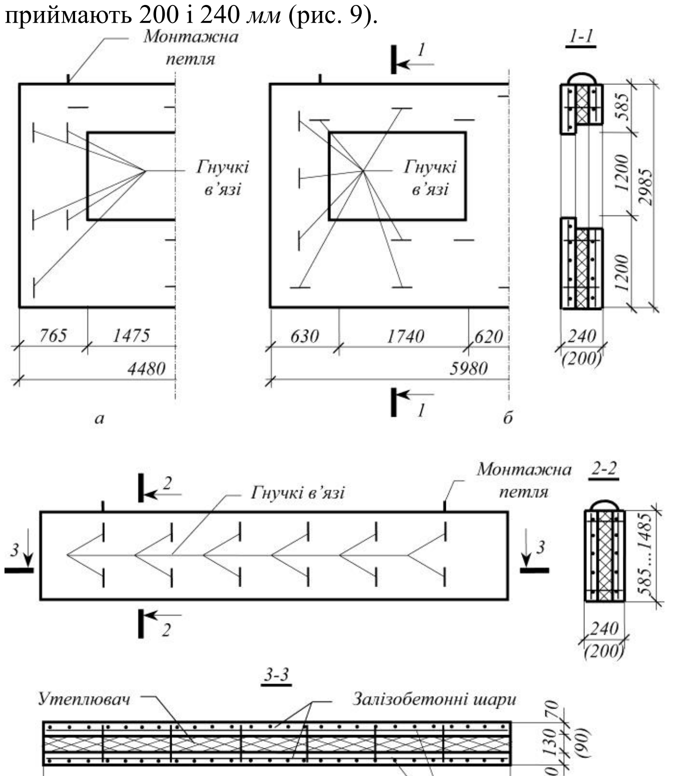


Рисунок 9. *Тришарові стінові панелі з гнучкими в'язями та ефективним утеплювачем для стін сільськогосподарських виробничих будівель: а – самонесучі з одним віконним прорізом; б – самонесучі з двома віконними прорізами; в – навісні під стрічкове скління.*

Залізобетонні плити панелі армують зварними сітками зі сталі класу А-I і Вр-I, а з'єднання внутрішнього та зовнішнього шарів (гнучкі в'язі) здійснюють із сталі класу А-III, покритою шаром цинку товщиною 120...150 *мк*. Монтажні петлі виконують із гарячекатаної сталі класу А-I.

Ці панелі розраховані на застосування в сільськогосподарських виробничих будівлях із відносною вологістю повітря до 75% при розрахунковій температурі не нижче -25^{0}С.

У номенклатуру застосування збірних конструкцій входять рядові, кутові, тамбурні та фронтонні панелі, а також стояки й ригелі воріт.

В альбомах робочих креслень приводяться розкладання для конструктивних схем сільськогосподарських будівель шириною 18 і 21 *м*.

Ці робочі креслення були ухвалені Держбудом УРСР, а Укрміжколгоспбуд, у свою чергу, затвердив технічні умови на виготовлення та застосування тришарових залізобетонних стінових панелей з ефективним утеплювачем для сільськогосподарських промислових будівель (ТУ 223 УРСР 44-78).

Як показали дослідження, проведені в 1976...1977 рр. НДІБК, такі панелі на гнучких в'язях мають достатню міцність, витримуючи навантаження, що перевищують в 1,6...2,4 рази контрольні руйнуючі. Прогин панелей у горизонтальній площині при нормативному навантаженні складає 1/780...1/1200 при допустимому 1/200. Таким чином, конструкції мають достатню жорсткість і тріщиностійкість.

Надійність і ефективність тришарових панелей з ефективним утеплювачем на гнучких в'язях підтверджена також досвідом їхнього виготовлення й застосування в Київському, Миколаївському, Чернігівському облміжколгоспбудах.

Як показали розрахунки, виконані інститутом "Укрколгосппроект", при використанні, наприклад, тришарових стінових панелей, робочі креслення яких внесені до альбому під шифром 1800-ПС, випуск II, порівняно з двошаровими легкобетонними панелями серії І.835-5 на кожному квадратному метрі площі підлоги сільськогосподарської виробничої будівлі економиться 16% сталі, 41...62% бетону, на 13% зменшується трудомісткість монтажу, на 6...12% скорочується вартість конструкції в роботі.

Уперше тришарові керамзитобетонні панелі на гнучких в'язях були виготовлені в 1979 р. на заводі ЗБД № 4 тресту "Залізобетон" управління Головволгов'ятськбуду Мінбуду СРСР для стін Виксукського тваринницького комплексу. Замість двошарових легкобетонних панелей за серією І.832-5 із розрахунковою товщиною 40 *см* застосували тришарові панелі з ефективним утеплювачем із напівжорстких мінераловатних плит товщиною 60 *мм* при загальній товщині панелей 200 *мм*. НДІЗБ спільно з ЦНДІЕПсільбуд, ЦНДІЕП торгівельно-побутових будівель і туристичних комплексів, ЦНДІпромбудівель у процесі розробки та освоюванні вище згаданих тришарових панелей вивчали спільну роботу їхніх окремих шарів і роботу гнучких в'язей. Для цього вироби досліджували на одночасну дію горизонтального навантаження від нормативного швидкісного напору вітру, вертикального – від маси вище розташованих конструкцій і віконних переплетінь. Крім того, визначали міцність заанкерення гнучких в'язей у бетоні. Виміряли деформації бетону, арматури та прогини панелей, фіксували розкриття тріщин і їхню величину.

Панелі задовольняли вимоги діючих нормативних документів за міцністю, жорсткістю та тріщиностійкістю.

У результаті заміни конструкцій будівель основного призначення більш прогресивними зекономлено 7 *тис. м*^{3} керамзитобетону та 1,5 *тис. т* цементу. Вартість стін на комплексі знизилась приблизно на 100 *тис. крб.*

Разом із відомими позитивними якостями, тришарові панелі з гнучкими в'язями мають певні недоліки. Так, при їхньому використанні може спостерігатись корозія гнучких в'язей, що знаходяться в контакті з утеплювачем на фенольних і бітумних в'яжучих. Панелі до того ж недостатньо жорсткі, що при розпалубці, транспортуванні та монтажі може призвести до зміщення шарів і порушення цілісності конструкції. Крім того, не виключена можливість зволоження утеплювача на торцьових гранях панелей. Є немало труднощів і в забезпеченні протипожежної безпеки при застосуванні в панелях пінопластів ПСБ і ПСБ-С.

Враховуючи це, УкрНДІпромцивільсільбуд спільно з НДІБК Держбуду СРСР розробили конструкцію залізобетонної панелі [25], у якій з'єднані переваги панелей на гнучких в'язях і панелей з монолітними з'єднувальними ребрами. Вона призначена для будівництва малоповерховим сільських житлових будівель із кроком поперечних несучих стін 3,3 і 2,7 *м* (рис. 10).

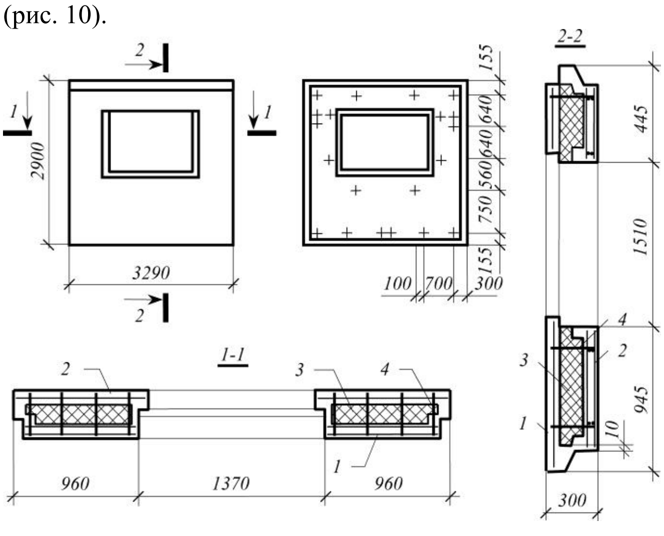


Рисунок 10. *Тришарова залізобетонна стінова панель із гнучкими в'язями для малоповерхових сільських житлових будівель, що формується "лицем донизу":* 1 *– внутрішній залізобетонний шар товщиною 95* мм*;* 2 *– зовнішній залізобетонний шар товщиною 80* мм*;* 3 *– полістирольний пінопласт товщиною 125* мм*;* 4 *– гнучкі в'язі.*

Панель являє собою несучу тришарову конструкцію із зовнішніми шарами із залізобетону та середнім шаром з ефективного утеплювача.

Гнучкі стальні в'язі, що з'єднують залізобетонні шари, прийняті трьох типів: підвіски, косяки й розпірки. Їх роблять із звичайної арматурної сталі класу А-І (підвіски та косяки) і А-ІІІ (розпірки) з антикорозійним захистом у вигляді шару цинку. Товщина останнього, який наносять гарячим (ванним) способом, – не менше ніж 60 *мкм*. При нанесенні цинку вона повинна складати не менше ніж 120 *мкм.*

На відміну від тришарових панелей на гнучких в'язях, нові панелі мають бокові бетонні ребра жорсткості. Їхня товщина складає 60 *мм* (рис. 11). Це підвищує жорсткість конструкції та поліпшує її статичні властивості в результаті включення в роботу зовнішнього шару. Завдяки введенню в порожнину стику термовкладишів з ефективного утеплювача ліквідовані "містки холоду" у місцях розміщення ребер. З боку верхньої та нижньої граней утеплювач закривається шкарлупою з цементного розчину товщиною 20 *мм*, це запобігає просяканню вологи та замочуванню утеплювача.

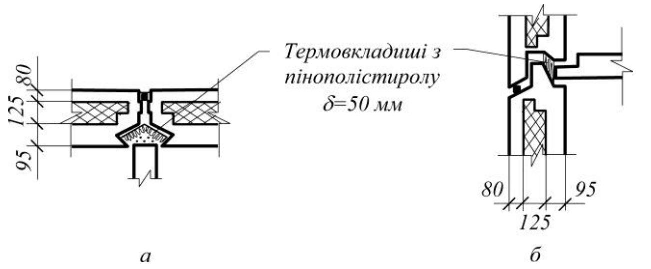


Рисунок 11. *Стики експериментальних панелей:а – вертикальний; б – горизонтальний.*

Розроблена панель має й інші особливості. Наприклад, її верхній протидощовий гребінь є частиною не зовнішнього, як зазвичай, а внутрішнього несучого шару. Тому при передачі навантаження на гребінь поліпшується навантаження на гнучкі в'язі.

Оскільки такі панелі мають товщину 300 *мм* (разом із шаром утеплювача), їх можна виготовляти в оснастці, призначеній для формування одношарових легкобетонних стінових панелей. При цьому передбачена можливість використання в панелях важкого та легкого конструктивного бетонів і двох видів утеплювачів – полістирольного пінопласту та жорстких мінераловатних плит, а також формування конструкцій як "лицем донизу", так і "лицем доверху".

Експериментальні панелі згаданої конструкції виготовлені на Березанському СДБК Мінсільбуду УРСР. Як показали дослідження, вони мають достатню міцність, жорсткість, тріщиностійкість і достатню транспортабельність.

Теплофізичні дослідження, проведені в КиївЗНДІЕП, підтвердили велику надійність панелей і стиків у теплотехнічному відношенні. Їхня теплозахисна здатність у 4 рази перевищує опір теплопередачі одношарових легкобетонних панелей.

Як показали розрахунки, виконані спеціалістами, при виготовленні панелей описаної конструкції порівняно з одношаровими легкобетонними, собівартість їхнього виготовлення та вартість "у роботі" (експлуатаційні витрати) знижується на 15...16%, а витрати сталі й цементу зменшуються відповідно на 35 і 33%. Економічний ефект на 1 *м*^{2} стіни житлової будівлі, з урахуванням економії паливно-енергетичних ресурсів у період експлуатації складає в середньому 18 *крб.*

Принципова конструкція тришарових панелей з жорсткими в'язями шарів і жорстким плитним утеплювачем, розроблена в КиївЗНДІЕП, повністю аналогічна описаній вище. Дослідна партія таких панелей виготовлена Київським ДБК-1 на технологічній лінії, що випускала одношарові керамзитобетонні панелі серії 96.

Товщина зовнішнього керамзитобетонного шару 80 *мм*, внутрішнього – 170 *мм* із бетону класу В7,5. Як термовкладиші використовують плитний утеплювач – пінополістирол типу ПСБ-С (γ=40 *кг/м*^{3}) товщиною 100 *мм*. Конструктивне армування дослідних тришарових панелей практично не відрізняється від армування одношарових керамзитобетонних панелей, що приймаються в будинках серії 96.

Статичні та теплофізичні дослідження експериментальних зразків панелі показали, що застосовані в них технічні рішення забезпечують виконання нормативних вимог.

Конструктивні рішення тришарових стінових панелей з жорсткими в'язями шарів, розроблені в КиївЗНДІЕП, розглянуті НТБ Держбуду УРСР і ухвалені. Прийнято рішення про будівництво в м. Суми п'яти експериментальних житлових будинків серії 96. Результати досліджень використані при підготовці тимчасових указівок із проектування тришарових панелей з жорсткими в'язями шарів.

3. Висновки

Короткий огляд східноєвропейського досвіду застосування багатошарових залізобетонних елементів зовнішнього стінового огородження засвідчує, що зазначена проблема не втрачає своєї актуальності до сьогодні, турбуючи прогресивну наукову спільноту, зацікавлюючи проектантів і виробників – домобудівні комбінати та заводи будівельної індустрії, та закликаючи їх до важливої й корисної співпраці у розробці, виготовленні й упровадженні архітектурно привабливих, функціонально комфортних, ресурсоекономних і енергозберігаючих конструкцій. І в першу чергу це пов'язано з глобальною енергетичною кризою, що за прогнозами світової статистики на найближчі десятиліття матиме стійку тенденцію до поглиблення.

Посилання

[1] Леличенко В. Железобетонные трехслойные стеновые панели 6 *м* для отапливаемых промзданий // Промышленное строительство и инженерные сооружения. – 1971. – № 1. – С. 20–22.

[2] Сабанов Г., Щепетильников В., Шишкина Л. Долговечность трехслойных панелей // Жилищное строительство – 1970. – № 11. – С. 25.

[3] Кругляк С. Облегченные железобетонные стеновые панели // Строительные материалы и конструкции. – 1972. – № 3. – С. 40–41.

[4] Родовниченко А.С., Сименко С.И. Комплексные панели междуэтажных перекрытий // Бетон и железобетон. – 1972. – № 10. – С. 32–33.

[5] Ильяшевский Я.А., Гродский Е.Я., Тюрин Е.Н., Федоров В.И. Трехслойные железобетонные стеновые панели с утеплителем из пенополистирола // Бетон и железобетон. – 1973. – № 4. – С. 8–10.

[6] Векслер В.А. Трехслойные панели с гибкими связями для наружных стен // Бетон и железобетон. – 1973. – № 6. – С. 2–5.

[7] ГОСТ 17078-71. Панели железобетонние трехслойные для наружных стен жилых и общественных зданий. Технические требования. – Москва: Изд-во стандартов, 1971. – 10 с.

[8] Леличенко В.Г. Экспериментальные исследования и опыт применения железобетонных трехслойных стеновых панелей длиной 6 *м* с утеплителем из пенополистирола / Строительные конструкции: Респ. межвед. научн.-техн. сб. – Киев: Будівельник, 1974. – Вып. XXIV. – С. 204–208.

[9] Алексеев А.М., Беляновский С.И., Саакян М.О. Чтобы снизить теплопотери // Строительство и архитектура Ленинграда. – 1975. – № 9. – С. 35–36.

[10] Баулин Д.К., Полтавцев С.И. Производство комплексных панелей покрытия на Каунасском ДСК // Бетон и железобетон. – 1976. – № 2. – С. 23–25.

[11] Алексеев А.И., Саакян М.О., Шалыто М.З. Вопросы производства трехслойных панелей с гибкими связями // Бетон и железобетон. – 1976. – № 9. – С. 26–28.

[12] Саакян М.О., Беляновский С.И., Алексеев А.М. Эффективность внедрения трехслойных панелей с гибкими связями, формуемые "лицом вниз" // Жилищное строительство. – 1976. – № 10. – С. 19–22.

[13] Железобетонные трехслойные панели стен призводственных зданий // Бюллетень строительной техники. – 1977. – №6. – С. 26–29.

[14] Мазо Э.А., Усачев Т.А. Расчет прочности навесных трехслойных панелей с гибкими связями // Бетон и железобетон. – 1978. – № 9. – С. 39–41.

[15] Емельянов А.А. Расчет трехслойных панелей с гибкими связями и их стыков на действие температуры // Бетон и железобетон. – 1978. – № 11. – С. 28–30.

[16] Леличенко В. Ефективні конструкції стінових огороджень // Сільське будівництво. – 1979. – № 4. – С. 15–16.

[17] Усачев Т.А., Мазо Э.А. Трехслойные панели с гибкими связями для стен общественных зданий // Бетон и железобетон. – 1980. – № 1. – С. 17–19.

[18] Емельянов А.А., Вишняков Ю.В. Применение трехслойных панелей с гибкими связями // Жилищное строительство. – 1980. – № 4. – С. 19–21.

[19] Волга В.С., Данько М.С., Даль Р.Г., Корзинова Т.В. Эффективность применения новых конструкций панелей // Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. – 1980. – № 6. – С. 17–18.

[20] Яворский А.К. Эффективные трехслойные панели на гибких связях // Промышленное строительство. – 1980. – № 12. – С. 31.

[21] Яворский А.К., Войтович В.А., Сафонов М.А., Шуров А.Ф. К вопросу получения прочных материалов на основе нефелинового шлама и пористых отходов от карьерной разработки карбонатных пород / Строительные материалы из попутных продуктов промышлености: Межвуз. тематич. сб. трудов. – Ленинград: ЛИСИ, 1978. – С. 42-51.

[22] Кутухин В.Г., Федоров В.В., Поваляев М.И. Основные требования к эффективным теплоизоляционным материалам для легких ограждающих конструкций промышленных зданий / Тр. ЦНИИПромзданий. – Москва, 1977. – Вып. 58. – С. 42-51.

[23] Чиненков Ю.В., Евдокимов А.А., Колосов Г.Е., Заренин В.А., Усачев Т.А., Солюс Ю.М. Трехслойные

стеновые панели с гибкими связями и эффективным утеплителем // Бетон и железобетон. – 1981. – № 3. – С. 25–26.

[24] Хейфец Л.М. Трехслойные панели с фрикционными связями // Бетон и железобетон. – 1983. – № 6. – С. 8–9.

[25] Оробченко П., Рохлін І. Удосконалені стінові панелі // Сільське будівництво. – 1984. – № 2. – С. 17–18.

[26] Волга В.С., Сорокин А.М., Кодола С.Н. Повышение теплозащитных свойств ограждающих конструкций крупнопанельных жилых зданий в Украинской ССР / Конструкции жилых и общественных зданий. – Киев: КиевЗНИИЭП, 1983. – 42 с.

[27] Родовниченко А.С., Сименко С.И. Комплексные панели междуэтажных перекрытий // Бетон и железобетон. – 1972. – № 10. – С. 32–33.

[28] Вейнер Б.Б. Усовершенствованная конструкция стеновых панелей длиной 12 м / Легкие и силикатные бетоны. – Минск: Вышейша школа, 1969. – С. 160–167.

[29] СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.

[30] СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. – Москва: Стройиздат, 1986. – 36 с.

[31] СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника / Госстрой СССР. – Москва: Стройиздат, 1982. – 40 с.

[32] Krus Yu. Western European Experience in the Application of Multilayer Reinforced Concrete Elements of External Wall Fence // Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice : Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference (May 03–06, 2022). Tokyo, Japan. Pp. 53-63. DOI: 10.46299/ISG.2022.1.17